

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-086930
 (43)Date of publication of application : 30.03.1999

(51)Int.Cl.

H01R 9/09
 H01L 23/12
 H05K 1/14
 H05K 1/18
 H05K 3/40

(21)Application number : 09-248661

(71)Applicant : NGK SPARK PLUG CO LTD

(22)Date of filing : 12.09.1997

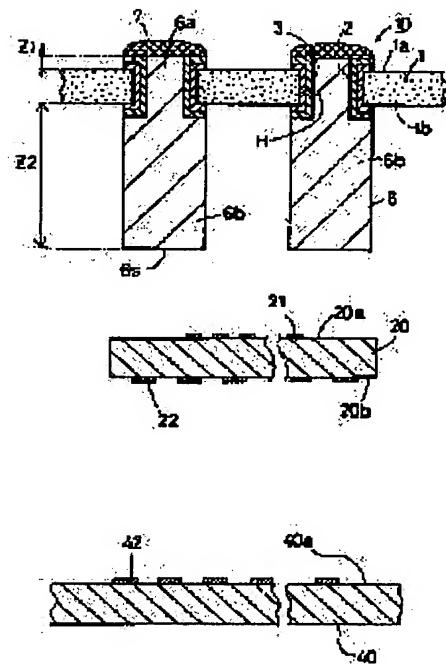
(72)Inventor : SAIKI HAJIME

(54) RELAY SUBSTRATE AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a relay substrate with its high durability and reliability in which interconnection between a substrate and a mounting substrate is facilitated in a relay substrate intervened between the substrate and the mounting substrate to connect both, and moreover displacement is hardly made by vibration and shock during connection.

SOLUTION: A relay substrate 10 is formed in a substantial shape having first and second faces 1a and 1b, comprises a relay substrate body 1 having a plurality of through holes H penetrating between the first and second faces 1a and 1b, and a second protrusion 6b protruded from the second face 1b, and a tip end 6s of the second protrusion 6b has a soft metal body 6 formed on a flat face. This relay substrate 10 is intervened between a substrate 20 having a face connection pad 22 and a mounting substrate 40 having a face connection mounting pad 42, and the substrate and the mounting substrate 40 are connected to each other.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.09.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3272993

[Date of registration] 25.01.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-86930

(43)公開日 平成11年(1999)3月30日

(51)Int.Cl. ^a	識別記号	F I	
H 01 R 9/09		H 01 R 9/09	C
H 01 L 23/12		H 05 K 1/14	G
H 05 K 1/14		1/18	U
1/18		3/40	H
3/40		H 01 L 23/12	L

審査請求 有 請求項の数 6 OL (全 13 頁)

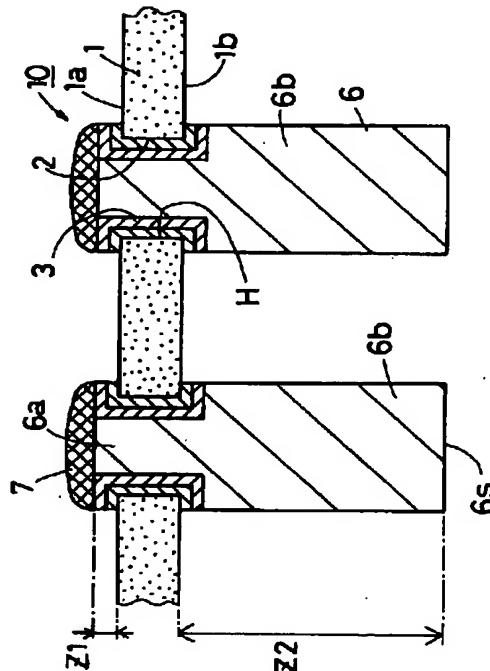
(21)出願番号	特願平9-248661	(71)出願人	000004547 日本特殊陶業株式会社 愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号
(22)出願日	平成9年(1997)9月12日	(72)発明者	齊木一 愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号 日本特殊陶業株式会社内
		(74)代理人	弁理士 奥田誠 (外3名)

(54)【発明の名称】 中継基板及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 基板と取付基板との間に介在させて両者を接続させる中継基板において、基板と取付基板との相互の接続を容易にし、しかも、接続時の振動や衝撃によってもずれを生じ難い、耐久性、信頼性の高い接続を可能とする中継基板、およびその製造方法を提供すること。

【解決手段】 中継基板10は、第1面1aと第2面1bとを有する略板形状をなし、第1面1aと第2面1bとの間を貫通する複数の貫通孔Hを有する中継基板本体1と、貫通孔H内にそれぞれ貫挿され、第2面1bより突出した第2突出部6bを備え、かつ第2突出部6bの先端6sが平坦面にされてなる軟質金属体6を有している。この中継基板10を、面接続パッド22を有する基板20と面接続取付パッド42を有する取付基板40との間に介在させて基板20と取付基板40とを接続する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 一主平面に接続パッドを有する基板と、一主平面のうち該接続パッドに対応する位置に取付パッドを有する取付基板との間に介在させ、第1面側で該接続パッドと接続させ、第2面側で該取付パッドと接続させることにより該基板と該取付基板とを接続させるための中継基板であって、

第1面と第2面とを有する略板形状をなし、該第1面と第2面との間を貫通する複数の貫通孔を有する中継基板本体と、

上記貫通孔内にそれぞれ貫挿され、上記第1面より突出した第1突出部および第2面より突出した第2突出部のうち少なくともいずれかを備え、かつ該第1突出部および第2突出部のうち少なくともいずれかの先端が平坦面または凹部を有する面にされてなる軟質金属体と、を有する中継基板。

【請求項2】 請求項1に記載の中継基板であって、前記軟質金属体は、前記第1面側には該軟質金属体より融点の低いハンダからなるハンダ層を有し、かつ、前記先端が平坦面または凹部を有する面にされてなる第2突出部を有することを特徴とする中継基板。

【請求項3】 請求項1に記載の中継基板であって、前記先端に平坦面または凹部を有する面にされた第1突出部または第2突出部が、その径よりも大きい突出高さを有する柱状とされていることを特徴とする中継基板。

【請求項4】 請求項1に記載の中継基板の製造方法であって、

前記中継基板本体の貫通孔内に貫挿された軟質金属体の第1突出部または第2突出部の頂部を除去して先端を平坦面とする工程を有する中継基板の製造方法。

【請求項5】 請求項1に記載の中継基板の製造方法であって、

前記中継基板本体の貫通孔内に貫挿された軟質金属体の第1突出部または第2突出部の頂部をプレスして先端を平坦面または凹部を有する面とする工程を有する中継基板の製造方法。

【請求項6】 請求項1に記載の中継基板の製造方法であって、

溶融した軟質金属に濡れない材質からなり、前記貫通孔に対応した位置にそれぞれ凹部を有し、かつ該凹部の底面がそれぞれ平坦面または凸部を有する面とされた溶融軟質金属受け治具を用意し、該凹部上端面から盛り上がるよう凹部内に溶融した軟質金属を満たす工程と、上記凹部上に前記貫通穴が重なり溶融軟質金属が該貫通穴内に入り込むように、前記中継基板本体を上記溶融軟質金属受け治具に重ねる工程と、溶融軟質金属を、上記凹部の底面に接触させ、かつ少なくとも上記凹部内および貫通孔内に保持しながら冷却し、軟質金属を凝固させる工程と、を有する中継基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、一主平面（基板面）上に複数の接続端子（接続パッド）を有するBGA型集積回路基板等の基板と、この接続端子に対応する位置に同様に接続端子（取付パッド）を備え、この基板を取付けるためのマザーボード等の取付基板との間に介在させる中継基板、およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年の集積回路（IC）技術の進展により、ICチップに設けられる入出力端子の数が増大し、それに伴い、ICチップを搭載するIC搭載基板に形成される入出力端子も増大している。しかし、入出力端子を基板の周縁部に設ける場合には、端子の数に従って基板サイズの増大を招き、IC搭載基板のコストアップや歩留りの低下を生じ好ましくない。

【0003】 そこで、IC搭載基板の主表面（平面）にピンを格子状または千鳥状に並べるいわゆるPGA（ピングリッドアレイ）型基板が広く用いられている。しかし、更に端子数を増加したり、サイズを小さくするには、基板表面にピンを取付けるPGA型基板では限界がある。

【0004】 そこで、以下のような手法が行われている。即ち、基板表面上にピンに代えてパッド（ランド）を格子状または千鳥状に並べて形成し、このパッドに、略球状（ボール状）の高温ハンダやCu、Ag等のハンダ濡れ性の良い金属からなる端子部材を予め共晶ハンダ付けしたバンプを設けておく。一方、相手方のマザーボードなどのプリント基板（PCB）にもIC搭載基板のパッドと対応する位置にパッドを形成し、このパッドに、共晶ハンダペーストを塗布しておく。その後、両者を重ねて加熱し、ハンダペーストを溶融させてハンダ付けによって端子部材を介して両者を接続することが行われる。一般には、パッドのみ格子状に設けた基板はLGA（ランドグリッドアレイ）型基板と、パッド上にボール状の端子部材（接続端子）を備えた基板はBGA（ボールグリッドアレイ）型基板と呼ばれる。

【0005】 ところで、このようにしてIC搭載基板、プリント基板の平面上に線状や格子状（千鳥状も含む）にパッドやバンプなどの端子を形成し、IC搭載基板とプリント基板を接続する場合には、IC搭載基板とプリント基板の材質の違いにより熱膨張係数が異なるので、平面方向に熱膨張差が発生する。即ち、端子部材から見ると、接続しているIC搭載基板およびプリント基板が平面方向についてそれぞれ逆方向に寸法変化しようとするので、端子部材やパッドにはせん断応力が働くこととなる。

【0006】 このせん断応力は、接続される端子のうち、最も離れた2つの端子間で最大となる。即ち、例えば端子群が格子状にかつ最外周の端子が正方形をなすよ

うに形成されている場合、それぞれこの正方形の最外周の対角上に位置する2つの端子間で最も大きな熱膨張差が発生し、最も大きなせん断応力が掛かることとなる。特に、LGA型やBGA型などの基板をプリント基板と接続する場合には、端子間の間隔（ピッチ）が比較的大きく、従って、最も離れた端子間の距離が大きくなりやすい。特に、LGA型やBGA型基板にセラミック製基板を用いた場合、一般に用いられるガラスエポキシ製のプリント基板とは、熱膨張係数が大きく異なるので、発生するせん断応力が大きくなる。

【0007】このようなせん断応力が掛かると、パッドから端子部材と共にハンダが外れることがある。また、繰り返し熱応力によってパッドの近傍のハンダに、パッド表面に沿ってハンダの薄皮1枚残すようにして、パッドに略平行なクラックが入り、ついには破壊（破断）することもあり、高い接続信頼性を得ることはできなかった。パッド近傍のハンダは、多くの場合上述のように共晶ハンダが用いられ、比較的硬くて脆く、また熱や応力により経時変化を生じやすいため繰り返し応力でクラックを生ずるからである。

【0008】この問題は、特に、比較的熱膨張係数の小さいセラミック製LGA型基板（またはBGA型基板）と比較的熱膨張係数の大きいガラスエポキシ等の樹脂製プリント基板との間で生じやすい。なお、この場合には、クラックはセラミック基板側のパッド近傍の共晶ハンダ部分で生ずることが多い。セラミックは硬く、応力を吸収しがたいが、樹脂製プリント基板は比較的柔らかく、また樹脂製プリント基板上に形成されたCu等からなるパッドも柔らかいので応力を吸収するからである。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】これに対して、本発明者らは、特願平9-82033号および特願平9-82123号において、基板と取付基板との間に中継基板を介在させることで、基板と取付基板との接続を容易にし、しかも、その中継基板本体に貫通した軟質金属体の突出部の変形等により応力を緩和させることを提案している。

【0010】しかし、この中継基板を用いた場合に、基板や取付基板とこの中継基板とを重ねて接続するにあたり、ハンドリングする際、あるいはリフロー炉中を移動する際に振動や衝撃を受け、中継基板が基板や取付基板とずれて接続されることがあった。このようにずれたまま両者を接続されると、中継基板と基板や取付基板との接続強度が低下したり、端子間の絶縁距離が小さくなったり絶縁性が低下するなどの不具合を生じる危険性がある。

【0011】本発明は、かかる問題点に鑑みてなされたものであって、基板と取付基板との相互の接続を容易にし、しかも、接続時の振動や衝撃によつてもずれを生じ難い、耐久性、信頼性の高い接続を可能とする中継基

板、およびその製造方法を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】まず、請求項1に記載の解決手段は、一主平面に接続パッドを有する基板と、一主平面のうち該接続パッドに対応する位置に取付パッドを有する取付基板と、の間に介在させ、第1面側で該接続パッドと接続させ、第2面側で該取付パッドと接続させることにより該基板と該取付基板とを接続させるための中継基板であって、第1面と第2面とを有する略板形状をなし、該第1面と第2面との間を貫通する複数の貫通孔を有する中継基板本体と、上記貫通孔内にそれぞれ貫通され、上記第1面より突出した第1突出部および第2面より突出した第2突出部のうち少なくともいずれかを備え、かつ該第1突出部および第2突出部のうち少なくともいずれかの先端が平坦面または凹部を有する面にされてなる軟質金属体と、を有する中継基板である。

【0013】本発明によれば、第1または第2突出部の先端が平坦面または凹部を有する面にされている。この中継基板を基板あるいは取付基板と接続するには、ハンダペーストを介して、第1突出部と基板の接続パッド、あるいは第2突出部の先端と取付基板の取付パッドとを突き当てるよう配置し、ハンダペーストを溶融させて両者を接続させる。このときに、突出部の先端とパッドとが、ハンドリングやハンダリフロー炉内を移動するときの振動や衝撃等による横ずれを生じたまま接続される不具合が生じ難くなり、中継基板と基板（あるいは取付基板）とを確実に接続させることができる。

【0014】さらに、中継基板本体に貫通された軟質金属体が、熱膨張係数の違いなどによって生ずる基板と取付基板あるいは基板と中継基板、中継基板と取付基板の間に生じる応力を変形（例えば塑性変形）によって吸収する。したがって、軟質金属体が破断することもなく、また、この軟質金属体と接続する基板の接続パッドや取付基板の取付パッドあるいはその近傍のハンダや軟質金属体が応力によって破壊したり破断したりすることがなくなる。しかも、中継基板本体が軟質金属体から受ける応力は、中継基板本体の貫通孔壁面に対して垂直方向から受けるので、中継基板本体自身が破壊し難い。

【0015】さらに、軟質金属体は第1面側と第2面側の少なくともいずれかにおいて、突出部を備えるので、基板または取付基板と中継基板の間に生ずる応力を、この突出部でより多く吸収できる。突出部は中継基板本体の貫通孔に拘束されずに変形できるので、より多くの変形が可能であり、容易に変形して応力を開放するからである。また、中継基板本体の貫通孔に貫通された軟質金属体の一部を突出部としているので、軟質金属体のうち中継基板本体の第1または第2面と交差する部分近傍（即ち、突出部の根元部）に掛かる応力は軟質金属の変形で緩和されるため、クラック等を生じることがない。

【0016】ここで、基板としては、ICチップやその

他の電子部品などが実装されるIC搭載基板等の配線基板が挙げられる。また、接続パッドは、取付基板との電気的接続のために基板の一主平面（基板面）上に線状や格子状（千鳥状も含む）に設けられる端子であり、接続パッドが設けられた基板面を有する基板の例としては、パッド（ランド）を格子状に配列したLGA基板が挙げられるが、必ずしもパッドが格子状に配列されていなくても良い。

【0017】一方、取付基板は、前記基板を取付けるための基板であって、マザーボード等のプリント基板が挙げられる。この取付基板には、一主平面（基板面）上に基板との電気的接続のための取付パッドが形成されている。取付パッドを有する取付基板の例としては、パッドを格子状に配列したプリント基板が挙げられるが、必ずしもパッドが格子状に配列されていなくても良いし、複数の基板を取り付けるために、それぞれ基板に対応する位置に取付パッドの群を有していても良い。

【0018】なお、本発明の中継基板は、基板と取付基板の間に介在して、それぞれと接続するものであるので、便宜的に基板と接続する側を第1面側、取付基板と接続する側を第2面側として両者を区別することとする。また、中継基板本体の材質は、接続する基板や取付基板の材質や熱膨張係数等を考慮して選択すればよいが、例えば、アルミナ、ムライト、窒化アルミニウム、ガラスセラミックなどのセラミックが挙げられる。また、ガラスーエポキシ樹脂、ガラスーポリイミド樹脂、ガラスーBT樹脂等の複合材料、エポキシ等の樹脂とセラミック粉末の複合材料等を用いることもできる。なお、中継基板本体の材質をセラミックとすると、中継基板本体の強度が高く、さらには耐熱性が高いので、高強度で、リワークなどによって繰り返し加熱されても変形等を生じない点で好ましい。

【0019】さらに、貫通孔は、単一の孔で構成されるのが通常であるが、その他、互いに近接して設けられた複数の小貫通孔の集まり（小貫通孔群）をも含む。この場合には、小貫通孔それに貫通された軟質金属が全体として1つの軟質金属体を構成する。

【0020】また、軟質金属体とは、熱膨張係数の違いなどによって、基板と取付基板間、あるいは、基板と中継基板本体間や中継基板本体と取付基板間で発生する応力を変形によって吸収する柔らかい金属からなるものである。具体的な材質としては、鉛（Pb）やスズ（Sn）、亜鉛（Zn）やこれらを主体とする合金などが挙げられ、Pb-Sn系高温ハンダ（例えば、Pb90% - Sn10%合金、Pb95% - Sn5%合金等）やホワイトメタルなどが挙げられる。なお、鉛、スズ等は再結晶温度が常温にあるので、塑性変形をしても再結晶する。したがって、繰り返し応力がかかっても容易に破断（破壊）に至らないので都合がよい。その他、純度の高い銅（Cu）や銀（Ag）も柔らかいので用いることが

できる。

【0021】なお、中継基板と基板や取付基板との接続、即ち、軟質金属体と接続パッドや取付パッドとの接続は、軟質金属体よりも融点の低いハンダを用いれば良い。このようなハンダを用いる場合には、両者の融点に適度の差を持つように選択するのが好ましく、例えば、軟質金属体としてPb90% - Sn10%の高温ハンダ（融点301°C）を用いた場合には、Pb36% - Sn64%共晶ハンダ（融点183°C）やその近傍の組成（Pb20~50%、Sn80~50%程度）のPb - Sn合金などを用いればよい。また、その他の成分として、In、Ag、Bi、Sb等を適当量添加したもの用いても良い。このハンダは、予め接続パッドや取付パッドに取り付けておき、いわゆるハンダバンプとしておいても良い。

【0022】なお、中継基板に設けた軟質金属体の第1面側と第2面側の突出高さは、それぞれ中継基板本体の材質や基板や取付基板の材質等に応じて適當な高さを選択するれば良い。基板と取付基板の間に中継基板を介在させて接続したとき、基板と中継基板本体との間隔（距離）、および、取付基板と中継基板本体との間隔を適當なものとすることができるからである。従って、第1面側と第2面側で異なる突出高さであっても良い。一般に、これらの間隔が大きいほど応力を吸収できる。ただし、基板と取付基板との間隔には制限があるのが通常である。そこで、材質等の違いによる熱膨張差の大きくなる側の突出高さを高くするようにするとよい。

【0023】ここで、突出高さとは、中継基板本体表面から突出している軟質金属体の先端までの高さをいい、表面と軟質金属体とが面一の場合や表面より窪んでいるばあいには、突出高さはゼロである。即ち、第1突出高さ（Z1）は、中継基板本体第1面からこの第1面側に突出する軟質金属体の先端までの高さを指し、第2突出高さ（Z2）は、中継基板本体第2面からこの第2面側に突出する軟質金属体の先端までの高さを指す。

【0024】さらに、請求項2に記載の解決手段は、請求項1に記載の中継基板であって、前記軟質金属体は、前記第1面側には該軟質金属体より融点の低いハンダからなるハンダ層を有し、かつ、前記先端が平坦面または凹部を有する面にされてなる第2突出部を有することを特徴とする中継基板である。

【0025】本発明によれば、第1面側には、ハンダ層を有するので、基板の接続パッドとの接続が容易にできる。しかも、この接続時にはハンダのみ溶融させ、軟質金属体は溶融させないで、基板と中継基板とを接続させることができる。さらに、本発明の中継基板は、第2突出部を有するので、この中継基板と取付基板とを接続させたときに、熱膨張係数の違い等に起因して両者の間に発生する熱応力等を、軟質金属体で吸収させることができる。また、第2突出部の先端が平坦面または凹部を有

する面とされているので、中継基板と取付基板との接続時には、この第2突出部と取付パッドとが、いずれ接続される不具合が生じ難くなり、中継基板と取付基板とを確実に接続させることができる。

【0026】また、請求項3に記載の解決手段は、請求項1に記載の中継基板であって、前記先端に平坦面または凹部を有する面にされた第1突出部または第2突出部が、その径よりも大きい突出高さを有する柱状とされていることを特徴とする中継基板である。

【0027】本発明によれば、先端が平坦面等にされた突出部は、その径よりも突出高さが大きい柱状とされている。基板や取付基板との熱膨張率の違いなどに起因する応力が大きく生じる場合、中継基板が横ずれして取り付けられると、即ち、突出部の先端と基板や取付基板のパッドとが正しく接続されず、横ずれして接続されないと、接続部分に応力が集中してクラックを生じやすくなる。これに対して、本発明では、突出部の先端が平坦面等にされて横ずれを防止でき、さらに、この柱状にされた突出部はその径よりも突出高さが大きいので容易に屈曲(たわみ変形)し、それによって応力を吸収することができる。

【0028】さらに、請求項4に記載の解決手段は、請求項1に記載の中継基板の製造方法であって、前記中継基板本体の貫通孔内に貫挿された軟質金属体の第1突出部または第2突出部の頂部を除去して先端を平坦面とする工程を有する中継基板の製造方法である。

【0029】本発明によれば、一旦形成した第1あるいは第2突出部の頂部を除去して平坦面とするので、各突出部の先端の有するコプラナリティを小さくすることができる。従って、基板や取付基板との接続性を向上させることができる。なお、コプラナリティとは、互いに平行な2つの平面内に各突出部の先端が位置するようにしたときの、この2つの平面間の距離の最小値をいい、突出部の接続性の良否を示す指標である。

【0030】ここで、突出部の頂部を除去する方法は、軟質金属体の材質等を考慮して選択すればよいが、例えば、ラップ研磨や平面研削等が挙げられる。

【0031】さらに、請求項5に記載の解決手段は、請求項1に記載の中継基板の製造方法であって、前記中継基板本体の貫通孔内に貫挿された軟質金属体の第1突出部または第2突出部の頂部をプレスして先端を平坦面または凹部を有する面とする工程を有する中継基板の製造方法である。

【0032】本発明によれば、突出部の頂部をプレスして平坦面とすれば、各先端の有するコプラナリティが向上し、基板や取付基板との接続性を向上させることができる。また、プレスによって平坦面または凹部を有する面とすることで、加工が困難な高温ハンダ等の軟質金属でも容易に加工することができる。

【0033】さらに、請求項6に記載の解決手段は、請

求項1に記載の中継基板の製造方法であって、溶融した軟質金属に濡れない材質からなり、前記貫通孔に対応した位置にそれぞれ凹部を有し、かつ該凹部の底面がそれぞれ平坦面または凸部を有する面とされた溶融軟質金属受け治具を用意し、該凹部上端面から盛り上がるよう凹部内に溶融した軟質金属を満たす工程と、上記凹部上に前記貫通穴が重なり溶融軟質金属が該貫通穴内に入り込むように、前記中継基板本体を上記溶融軟質金属受け治具に重ねる工程と、溶融軟質金属を、上記凹部の底面に接触させ、かつ少なくとも上記凹部内および貫通孔内に保持しながら冷却し、軟質金属を凝固させる工程と、を有する中継基板の製造方法である。

【0034】本発明によれば、凹部を有し、かつその底面が平坦面または凸部を有する面とされた軟質金属受け治具を用い、溶融軟質金属を凹部内に満たし底面に接触させつつ冷却・凝固させる。したがって、研磨等の工程を経ることなく軟質金属を溶融させた後に凝固させるだけで突出部の先端を平坦面あるいは凹部を有する面とすることができる。

【0035】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図とともに説明する。

(実施形態1) 図1は、本実施形態にかかる中継基板10の部分拡大断面図である。即ち、この中継基板10は、アルミナを主成分(90%)とするアルミナセラミックからなり、厚さ0.3mm、一辺2.5mmの正方形の平板形状をなし、第1面1aと第2面1bとの間を貫通する複数の貫通孔H(内径0.8mm)を有する中継基板本体1を有する。この貫通孔Hは、1.27mmピッチで格子状に縦横各19ヶ(合計361ヶ)穿孔されている。また、この貫通孔H内に貫挿され、両面より突出した第1及び第2突出部6a、6bを備え、第2突出部6bの先端(図中下端)は平坦面6sとされた、高温ハンダ(Pb90%–Sn10%)からなる軟質金属体6を有する。さらに、第1突出部6aの上部には共晶ハンダ(Pb37%–Sn63%)からなるハンダ層7(高さ0.08mm)を備えている。

【0036】なお、中継基板本体1の貫通穴Hの内周および貫通穴縁には、タンクステン下地金属層2(厚さ約10μm)およびその上に形成された無電解Ni–Bメッキ層3(厚さ約2μm)が形成され、このNi–Bメッキ層3に軟質金属体6が溶着している。ここで、第1突出部6aの第1面1aからの突出高さ(第1突出高さ)Z1は0.012mmであり、第2突出部6bの第2面1bからの突出高さ(第2突出高さ)Z2は1.45mmとされている。即ち、突出高さZ1とZ2が異なるようにされており、更にいえば、突出高さはZ1<Z2とされている。また、略柱状とされた第2突出部6bの径は、0.88mmとされている。

【0037】次いで、この中継基板10を、例えば以下

のようにして基板および取付基板と接続する。まず、中継基板10と接続する基板として、図2(a)に示すような、厚さ1.0mm、一辺25mmの略正方形状のLGA型基板20を用意した。このLGA型基板20は、中継基板本体1と同様のアルミニナセラミックからなり、図中上面20aにICチップをフリップチップ接続により載置するためのフリップチップパッド21を備え、図中下面20bに外部接続端子として接続パッド22を備えている。この接続パッド22は、直径0.86mmで、中継基板10の軟質金属体6の位置に適合するように、ピッチ1.27mmの格子状に縦横各19ヶ配列され、下地のモリブデン層上に無電解Ni-Bメッキが施され、さらに酸化防止のために薄く無電解金メッキが施されている。また、図示しない内部配線によって、フリップチップパッド21と接続パッド22とがそれぞれ接続している。

【0038】また、取付基板として、図2(b)に示すようなプリント基板40を用意した。プリント基板40は、厚さ1.6mm、一辺30mmの略正方形板状で、ガラスエポキシ樹脂複合材料(JIS:FR-4)からなり、正面40aには、LGA型基板20の接続パッド22と、したがって、中継基板10の軟質金属体6とも対応する位置に、取付パッド42が形成されている。この取付パッド42は、厚さ25μmの銅からなり、直径0.72mmで、ピッチ1.27mmで格子状に縦横各19ヶ、計361ヶ形成されている。

【0039】まず、中継基板10とLGA型基板20とを重ねて最高温度220℃のリフロー炉を通過させ、共晶ハンダからなるハンダ層7を溶融させ、両者を接続し、図3(a)に示すように、接続体60を形成する。この接続体60では、基板20の下面20bと中継基板本体1の第1面1aとの間隔A1は0.10mmとなった。一方、中継基板本体1(第2面1b)から図中下方に突出する第2突出部6bの突出高さZ2は1.45mmである。

【0040】その後、予め取付パッド42上に低融点ハンダペースト(共晶ハンダペースト)Sを約250μmの厚さに塗布したプリント基板40と接続体60とを接続する。即ち、第2突出部6bを取付パッド42と位置を合わせるようにして突き当てて、接続体60をプリント基板40上に載置する。その後、最高温度220℃のリフロー炉を通過させて加熱することにより、取付パッド42上の低融点ハンダペーストSを溶融させてハンダ層8とし、図3(b)に示すように、基板20ー中継基板10ープリント基板40の三者を接続した構造体50を形成した。この構造体50では、基板20の下面20bと中継基板本体1の第1面1aとの間隔A1は0.10mmとなり、一方、中継基板本体1の第2面1bとプリント基板40の上面40aとの間隔A2は1.48mmとなった。なお、本例では、ハンダ層7とハンダ層8

(低融点ハンダペーストS)に同じ共晶ハンダを用いた例を示したが、例えば、ハンダ層7に融点の高いハンダを用いることにより、ハンダ層8を形成するときに、ハンダ層7が溶融しないようにするなど、ハンダ層7の融点をハンダ層8の融点より高くしてもよい。

【0041】ところで、第2突出部6bの先端は、通常平坦になることはなく、軟質金属を溶融させて貫挿する場合には、溶融した軟質金属の表面張力によって通常は略半球状となる。図4(b)に示すように、第2突出部6bの先端6s'が半球状にされている場合を考える。すると、プリント基板40と接続体60の接続時、即ち、プリント基板40と中継基板10との接続時に、ハンダペーストSを介して両者を重ねた後に、ハンドリングする際、あるいはリフロー炉中を移動する際に振動や衝撃を受けると、取付パッド42と軟質金属体6の第2突出部6bとの位置がずれる(横ずれする)可能性がある。このようにずれたまま両者を接続した場合には、中継基板と取付基板との接続強度が低下したり、端子間の絶縁距離が小さくなつて絶縁性が低下するなどの不具合を生じることが考えられる。

【0042】これに対し、本実施形態の中継基板10においては、第2突出部6bの先端は、軟質金属体6の軸線に対して略垂直な平坦面6sにされている。このため、上述のような振動や衝撃を受けても、図4(a)に示すように取付パッド42と軟質金属体6の第2突出部6bとの位置がずれることが無くなる。ペーストSと第2突出部6bの先端とが密着し、横ずれに対する抵抗力が高くなるからである。なお、本実施形態においては、第2突出部6bの先端は平坦面とした場合を示したが、一部に凹部が形成された面としても良い。同様に横ずれに対する抵抗力を高くすることができるからである。

【0043】さらに、本例における構造体50においては、基板20と中継基板本体1の間ではほとんど応力は生じない。これは、基板20と中継基板本体1とは同じ材質であり、熱膨張差が生じないからである。一方、中継基板本体1とプリント基板40の間では応力が発生する。中継基板本体1とプリント基板40とは材質が異なるからである。この場合、最大応力は、軟質金属体6のプリント基板40側の第2突出部6b部、およびプリント基板40近傍のハンダ層8に発生する。ところが、軟質金属体6(第2突出部6b)は、容易に塑性変形するから、第2突出部6bにおいて変形して応力を緩和する。したがって、中継基板本体1とプリント基板40の間に発生した応力が結果として小さくなり、破壊しにくい信頼性のある接続とすることができる。

【0044】特に、従来では、破壊が生じ易かった基板20側の接続パッド22近傍のハンダ層7には、中継基板10により応力がかからない。一方、中継基板10とプリント基板40との間の応力は軟質金属体6が変形して吸収するので、軟質金属体6の第2突出部6bは破壊

し難く、また、プリント基板40の取付パッド42のハンダ層8も破壊し難くなる。

【0045】また、中継基板本体1とプリント基板40の間隔A2を大きくできた。第2突出部6bの突出高さZ2が大きくなっているからである。このようにすると、この間隔A2が大きくなつた分、中継基板本体1とプリント基板40との間に生ずる応力を緩和することができる。また、第2突出部6bは、その径(0.88mm)に比して第2突出高さZ2(1.45mm)が大きい柱状の形状となつてゐるので、この形状自体も屈曲が容易なようになつており、ここでも応力を吸収できる。さらに、軟質金属体からできた第2突出部6bは、それ自身が塑性変形しても応力を吸収できる。

【0046】通常の場合、隣接する軟質金属体の間隔(接続パッド相互の間隔)は、所定の値にされているので、突出部の最大径は、この間隔によって制限される。一方、突出部の高さについては、許容範囲の大きい場合が多いと考えられる。突出部を柱状とすると突出部の最大径の制限内で、高さの許容範囲まで高い突起を形成できるので、基板や取付基板と中継基板本体との間隔をより大きく、しかも突出部を相対的に細くできるので、より多くの応力緩和ができる。したがつて、このような略柱状の突出部を介在させた基板ー中継基板間、あるいは中継基板ー取付基板間の接続信頼性を向上させ、接続部の寿命をより長くすることができる。

【0047】しかも、本実施形態では、第2突出部6bの先端は平坦面6sとされているので、応力が発生する中継基板10とプリント基板40との間の位置ずれも防止できる。このため、第2突出部6bとプリント基板40の取付パッド42とが位置ずれなく接続され、応力を対して接続部でのクラックを生じにくくする。従つて、突出部を柱状とすることで応力をより緩和することができ、しかも、その先端を平坦面(あるいは凹部を有する面)とすることで、横ずれを防ぎ正しい位置で接続し、位置ずれによる応力の集中によるクラックをも防止するので、さらに信頼性の高い接続とすることができる。

【0048】なお、上述の例では、中継基板10を、いったんLGA型基板20に取付けて基板と中継基板との接続体(中継基板付基板)60とした後に、さらにプリント基板40に接続した例を示したが、一挙に製作する方法を探ることもできる。即ち、プリント基板40と中継基板10とLGA型基板20とをこの順に重ね、リフローして、基板20と中継基板10、および中継基板10とプリント基板40とを一挙に接続(ハンダ付け)しても良い。また、中継基板10とプリント基板40とを先に接続しておいても良い。いずれにしても、本例の中継基板10を使用すれば、端子部材を接続パッドや取付パッド上に1つずつ載置する必要はなく、1回ないしは2回の加熱(リフロー)によって、基板と取付基板とを中継基板を介して接続することができる。したがつて、

ICチップメーカやユーザにおいて、面倒な工程や設備を省略することができる。

【0049】ついで、この中継基板10の製造方法について説明する。まず、周知のセラミックグリーンシート形成技術によって、貫通孔Hを有するアルミニナセラミックグリーンシートGを用意する。このシートGの貫通孔Hの内周面及び貫通孔周縁H1に、図5(a)に示すように、タングステンペーストPを塗布する。

【0050】次いで、このシートGを還元雰囲気中で最高温度約1550°Cにて焼成し、図5(b)に示すようなセラミック製中継基板本体1およびタングステンを主成分とする下地金属層2を形成する。焼成後の中継基板本体(以下、本体ともいふ)1は、厚さ0.3mmで、一辺25mmの略正方板形状を有し、第1面1aと第2面1bとの間を貫通する貫通孔Hの内径はφ0.8mmで、1.27mmのピッチで格子状に、縦横各19ヶ、計361ヶ(=19×19)の貫通孔が形成されている。また、下地金属層2の厚さは約10μmである。

【0051】さらに、この下地金属層2上に、図5(c)に示すように、厚さ約2μmの無電解Ni-Bメッキ層3を形成して、両者で後述するように軟質金属を溶着する金属層4を形成する。さらに、Ni-Bメッキ層3の酸化防止のため、Ni-Bメッキ層3上に厚さ0.1μmの無電解金メッキ層(図示しない)を形成する。

【0052】次いで、貫通孔H内に軟質金属体6を貫挿する。本実施形態では溶融軟質金属受け治具Nを用いて柱状の軟質金属体6を形成する。即ち、図6(a)に示すように、耐熱性があり溶融した高温ハンダに濡れない材質であるカーボンからなるハンダ片保持治具Nの上面には、貫通孔Hにそれぞれ対応した位置に、直径0.9mm、深さ1.95mmで、先端が円錐状の凹部N1が形成されている。また、保持治具Nの凹部N1の頂部(図中最下部)には、保持治具Nを下方に貫通する小径(φ0.2mm)のガス抜き孔N2がそれぞれ形成されている。

【0053】まず、この保持治具Nの各凹部N1に直径0.8mmの高温ハンダ(Pb90%—Sn10%ハンダ)ボールD1を投入しておく。本例では、各凹部にそれぞれ2ヶ投入した。次いで、凹部N1の端部(上端)に直径1.0mmの高温ハンダ(Pb90%—Sn10%ハンダ)ボールD2を載置する。このとき、凹部N1内に既に投入されているボールD1とボールD2とが接触しないで、かつ後述する高温ハンダの溶融時には両者が接触するように、間隔をわずかに空けておくのが好ましい。このようにするとボールD2が凹部N1の上端縁にぴったりと接触して動かなくなり(あるいは動き難くなり)、後述する中継基板本体1を載せるときの位置合わせが容易になるからである。

【0054】その後、図6(b)に示すように、ボールD2の図中上方に中継基板本体1を載置する。このとき、

貫通孔HにボールD 2がはまるように位置決めをする。さらに、中継基板本体1の上方、即ち、ボールD 2のある側とは反対側から、耐熱性があり溶融した高温ハンダに濡れない材質であるステンレスからなる荷重治具Qの平面(図中下面)Q 1を本体1の上面に押し当てるようにして載せて、下方に圧縮する。

【0055】次いで、窒素雰囲気下で、最高温度360℃、最高温度保持時間1分のリフロー炉にこれらを投入し、高温ハンダボールD 1、D 2を溶融させる。すると、溶融した高温ハンダD 2は、荷重治具Qにより図中下方に押し下げられた本体1の貫通孔H内に貫挿されるとともに、貫通孔Hの内周の金属層4と溶着する。一方、貫通孔Hの上端部では、荷重治具Qの平面Q 1に倣って平面状になる。また、高温ハンダD 2は、保持治具Nの凹部N 1内にも注入される。すると、溶融した高温ハンダD 1と接触し、両者は表面張力により一体となるとする。ところが、はんだD 2は、金属層4と溶着し本体1と一緒にになっているので、本体1から離れて下方に落下することができないため、重力に抗して高温ハンダD 1を上方に引き上げる形で一体化する。なお、本体1は荷重治具Qにより保持治具Nの上面N 3に押し当たられた状態まで押し下げられる。

【0056】また、ガス抜き孔N 2は、高温ハンダボールD 1、D 2を溶融するときに、凹部N 1内に閉じこめられた空気を逃がす役割をする。ただし、受け治具Nがハンダに濡れず、ガス抜き孔N 2が小径であるので、ハンダがガス抜き孔N 2に浸入することはない。

【0057】その後、冷却して高温ハンダを凝固させると、図7に示すように、中継基板本体1の図中下方側には、側面は凹部N 1の側壁の形状に倣い、図中下端即ち、頂部は略半球状となった第2突出部6 bを有し、上方側にはほとんど突出しない形状の軟質金属体6が貫挿された中継基板1 0が形成された。

【0058】なお、N i-Bメッキ層3上の金メッキ層は、溶融した高温ハンダ中に拡散して消滅するので、高温ハンダとN i-Bメッキ層3とが直接溶着し、高温ハンダからなる軟質金属体6は、中継基板本体1に固着される。

【0059】ついで、図8に示すように、第2突出部6 bの頂部(図中下端部)をラップ研磨により除去し、その先端を軟質金属体6の軸線に略垂直な平坦面6 sとした。これにより、本例では、第2突出部6 bは、横断面の直径(最大径)0.88mm、突出高さZ 2は1.45mmであり、その直径(最大径)よりも頂部までの高さの高い略円柱状となった。一方、図中上面側においては上面からの第1突出高さZ 1は0.012mmであった。なお、研磨により各第2突出部6 bの先端の平坦面6 sが、いずれも略同一平面上に位置するようにしたので、第2突出部6 bの先端のコプラナリティを小さくできる。

【0060】ついで、図9に示すように、軟質金属体6の上面に直径0.4mmの低融点ハンダボール(Pb-Sn共晶ハンダボール)E yを載置する。なお、このボールE yを載置するには、軟質金属体の上方にボール規制板Rの透孔RHが位置するようにセットし、この規制板R上にボールE yを散播いて揺動し、透孔RHにボールE yを落とし込む方法によると容易に載置できる。本例においては、規制板Rの厚みは0.5mm、透孔RHの直径は0.6mmである。本例においては、図9(a)に示すように、第2突出部6 bの先端がそれぞれはまりこむ凹部U 1を有する軟質金属体保持治具Uを用い、この治具Uの凹部U 1に第2突出部6 bの先端をそれぞれ嵌め込んだ状態で行うと都合がよい。軟質金属体6は柔らかく変形しやすい高温ハンダから形成されているからである。

【0061】かかる後、窒素雰囲気下で、最高温度220℃、最高温度保持時間1分のリフロー炉にこれらを投入し、低融点ハンダボールE yを溶融させる。なお、この温度条件では軟質金属体6は溶融しない。溶融した低融点ハンダは、軟質金属体6の図中上面に濡れて拡がり、ハンダ層7となる(図1参照)。このハンダ層7は、低融点ハンダボールE yの体積が一定に規制されているので、一定量(体積)となり、高さも均一になる。本例においては、基板本体1の図中上面からハンダ層7の頂部(図中最上端)までの高さが0.08mmであった。

【0062】このようにして、図1に示すように、図中第1、第2面1 a、1 bの間を貫通する貫通孔Hを有する中継基板本体1と、貫通孔H内に貫挿され図中下面より突出した第2突出部6 bを有する軟質金属体6とを有する中継基板1 0が形成できた。また、この中継基板1 0の第1面1 a側の軟質金属体6上には、軟質金属体6よりも低い融点を有するハンダ層7が形成されている。なお、本実施形態においては、第2突出部6 bを円柱状としたが、先が細くなっているようにしたり、角柱状であっても良い。ただし、先端の平坦面は、広くする方が横ずれを生じにくい。また、本実施形態においては、軟質金属体6のすべての第2突出部6 bについて研磨により平坦面6 sを設けた例を示したが、必ずしもすべての突出部について平坦面を有するようにする必要はなく、一部の突出部のみ平坦面を有するように研磨等によって加工しても良い。この場合には、平坦面を有する突出部によって中継基板の横ずれが防止される。

【0063】(実施形態2)ついで、実施形態2について説明する。本実施形態の中継基板2 1 0は、上述した実施形態1の中継基板1 0とほぼ同様な形状であり、製造方法も第2突出部の先端のみが異なっているので、同様な部分については省略し、異なる部分のみ説明する。即ち、上記実施形態1においては、図7に示したように中継基板本体1に軟質金属体6を貫挿した後、第

2突出部6 bの頂部を研磨によって除去し、平坦面を有する先端6 sとした。これに対して、本実施形態においては、プレスによって頂部を加工する。即ち、図10(a)に示すように、第2突出部6 bに対応した位置に形成され、底面が平坦で、いずれの底面も共通平面（同一平面）に属するように形成された所定深さの凹部V1を有するプレス治具V（ステンレス製）を用意しておき、このプレス治具Vの凹部V1内に第2突出部6 bをそれぞれ挿入する。

【0064】ついで、図中上下方向にプレスすると、高温ハンダからなる軟質金属体6は容易に変形して、凹部V1の形状に倣う。そのため、本実施形態の中継基板210では、図10(b)に示すように、軟質金属体206の第2突出部206 bは、その先端が凹部V1の底面に倣って平坦面206 sにされ、第2突出高さ1.5mmとなる。その後は、上記実施形態1と同様にして、第1面側にハンダ層を形成したり、基板や取付基板と接続する。本実施形態においては、単にプレスするだけで容易に平坦面206 sを形成することができる。また、平坦面206 sは、いずれも略同一平面の属するようにすることができ、良好なコプラナリティを得ることができる。さらに、研磨による研磨くず等が発生することもなく、砥粒の洗浄除去工程も不要である。

【0065】なお、上記例においては、凹部V1を形成したプレス治具Vを用いたが、凹部V1を形成せず、平坦な表面のプレス治具で圧縮しても先端を平坦面とすることもできる。この場合には、第2突出部206 b先端の平坦面は、プレス治具の平坦面に倣って形成されるので、各先端のコプラナリティは良好になる。ただし、凹部V1内に第2突出部6 bを挿入するので、横ずれを生じにくく、また、第2突出部の曲がり変形を防止できる点で凹部V1を形成した場合のメリットがある。

【0066】さらに、図10(c)に示すように、底面に凹部V2'を形成した凹部V1'をもつプレス治具V'を用いても良い。この場合には、上記と同様な圧縮により、図10(d)に示すように、先端206 s'に凹部を有する面が形成された中継基板210'を形成することができる。このようにしても、前記実施形態1と同様に、中継基板210'と取付基板40との接続時に、両者を重ねた後、ハンドリングの際、あるいはリフロー炉中を移動する際に振動や衝撃を受けたときに、取付パッド42と軟質金属体206'の第2突出部206 b'との位置がずれることが無くなる。ペーストと第2突出部6 bの先端とが密着し、凹部内にペーストを抱えるようになるので、横ずれに対する抵抗力が高くなるからである。

【0067】(実施形態3)ついで、実施形態3について説明する。本実施形態の中継基板310も、上述した実施形態1の中継基板10とほぼ同様な形状であり、製造方法も軟質金属を貫通穴に貫通する部分等が異なって

いるのみであるので、同様な部分については省略し、異なる部分のみ説明する。即ち、上記実施形態1においては、図6及び7に示したように、下端部が円錐状となつた凹部N1を有する溶融軟質金属受け治具Nを用い、高温ハンダボールD1、D2を溶融させて、中継基板本体1に軟質金属体6を貫通した後、第2突出部6 bの頂部を研磨によって除去し、平坦面を有する先端6 sとした。

【0068】これに対して、本実施形態においては、底面M2が平坦面で、しかもいずれの底面も共通平面に属するように形成された凹部M1を有する溶融軟質金属受け治具Mを用い、この凹部M1に溶融軟質金属Fを注入して満たし、軟質金属を凝固させて先端が平坦面とされた第2突出部を形成する。即ち、図11(a)に示すように、第2突出部6 bに対応した位置に形成され、底面M2が平坦にされた直径0.9mm、深さ1.9mmの凹部M1を有する溶融軟質金属受け治具M（カーボン製）を用意しておき、この溶融軟質金属受け治具Mの凹部M1内に溶融した高温ハンダ（Pb90%–Sn10%ハンダ）Fをそれぞれ注入する。このとき、注入した溶融高温ハンダFが、凹部M1内に充填され、さらに、治具Mの上面M3よりも若干（本例では、0.6mm程度）の高さに盛り上がるよう注入する。

【0069】ついで、図11(b)に示すように、前記実施形態1において製作したのと同様な中継基板本体1を、治具Mの上方から各貫通穴Hが凹部M1に対応するように位置決めをし、前記実施形態1において用いた加重治具Qを用いて、上方から押さえる。これにより、溶融高温ハンダFは、金属層4と溶着し、貫通穴H内にも入り込んで充填される。溶融高温ハンダFを凹部M1の上端面即ち治具上面M3より盛り上がるようにして注入しておいたからである。その後、溶融高温ハンダFを凹部M1の底面M2に接触させながら冷却し高温ハンダを凝固させると、図12に示すように、貫通穴H内に軟質金属体306が貫通され、しかも、その第2突出部306 bは、凹部M1の形状に倣って第2突出高さZ2'が1.9mmの柱状で、その先端306 sは、凹部M1の底面M2に倣って平坦面になる。本実施形態によれば、先端を平坦面にするのに、上述した2つの実施形態に比較して、研磨やプレス等の後加工が不要となる。

【0070】なお、本実施形態では、凹部M1の底面M2が平坦な治具Mを用いた例を示したが、その他、図13(a)、(b)に示すように、底面M2'、M2''に凸部を有する形状としても良い。このような形状の底面M2'、M2''を持つ治具M'、M''を用いると、第2突出部の先端は、凹部を有する面となる。

【0071】上記3つの実施形態においては、軟質金属体の第2突出部を柱状とし、その先端を平坦面あるいは凹部を有する面としたが、第1突出部に適用し、基板の接続パッドに第1突出部を突き当てる接続ても良いこと

は明らかである。また、本発明は上記実施形態に限定されることはなく、本発明の範囲内において適宜変更して適用することができることはいうまでもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態1にかかる中継基板の部分拡大断面図である。

【図2】中継基板と接続する基板及び取付基板の断面図である。

【図3】中継基板と基板及び取付基板とを接続した状態を示す断面図である。

【図4】第2突出部先端の形状と横ずれとの関係を説明する説明図である。

【図5】中継基板の製造工程のうち、中継基板本体の製造までを説明する説明図である。

【図6】中継基板の製造工程のうち、高温ハンダボールを貫通穴に貫挿する工程を説明する説明図である。

【図7】中継基板の製造工程のうち、軟質金属体を貫通穴に貫挿した状態を説明する説明図である。

【図8】中継基板の部分拡大断面図である。

【図9】中継基板の第1面側に、さらにハンダ層を形成する工程を説明する説明図である。

【図10】実施形態2にかかる中継基板のプレス工程を説明する説明図である。

【図11】実施形態3にかかる中継基板の製造工程のうち溶融軟質金属体の貫挿工程を説明する説明図である。

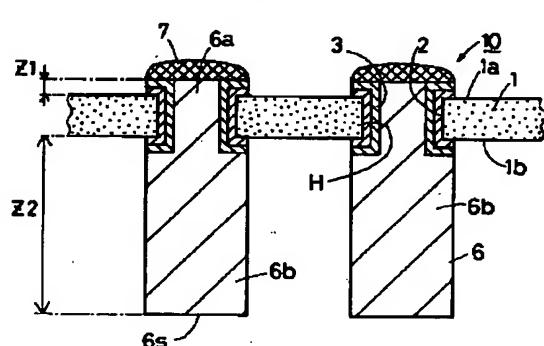
【図12】実施形態3にかかる中継基板の部分拡大断面図である。

【図13】実施形態3にかかる他の治具の形状例を示す説明図である。

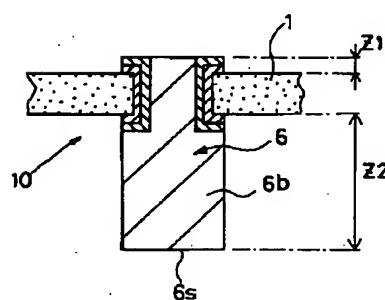
【符号の説明】

10, 210, 310	中継基板
1	中継基板本体
2	下地金属層
3	メッキ層
4	金属層
6, 206, 306	軟質金属体
6a	第1突出部
6b, 206b, 306b	第2突出部
6s, 206s, 306s	先端
7	ハンダ層
H	貫通穴
20	基板
22	接続パッド
40	取付基板
42	取付パッド

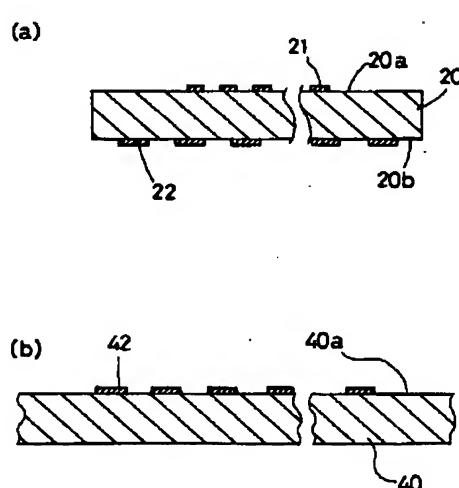
【図1】



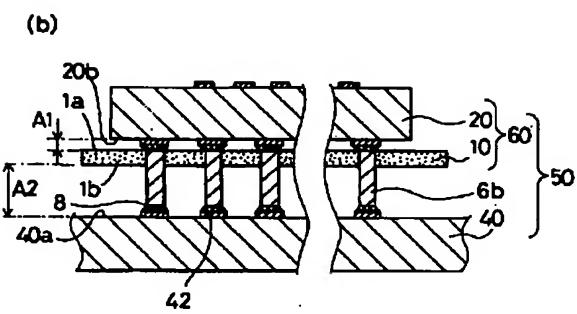
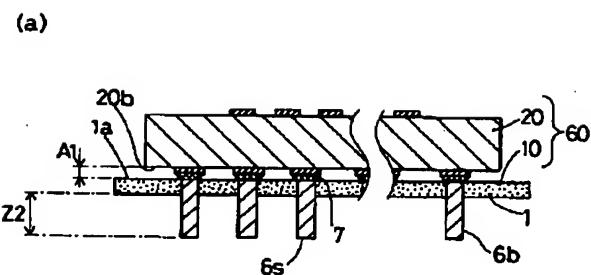
【図8】



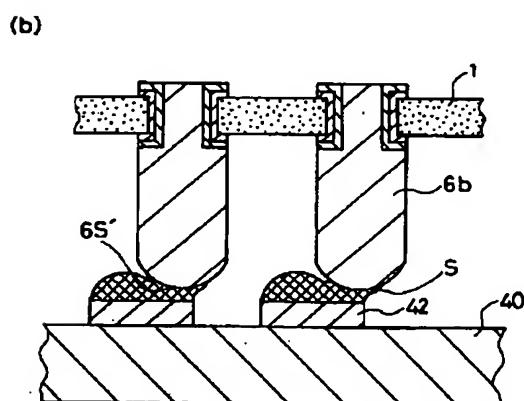
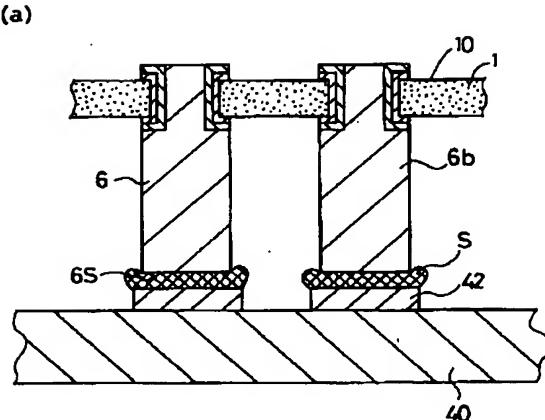
【図2】



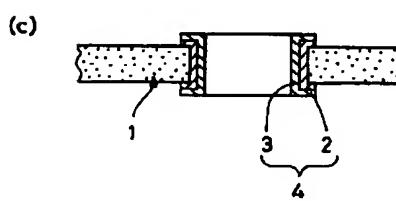
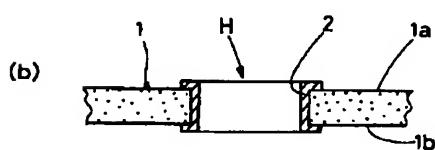
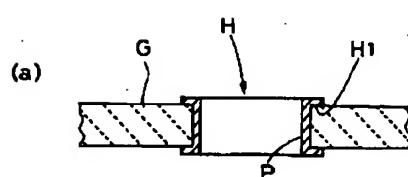
【図3】



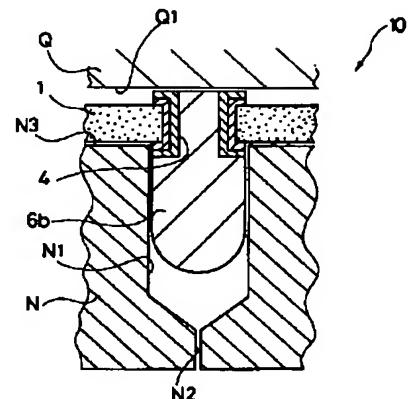
【図4】



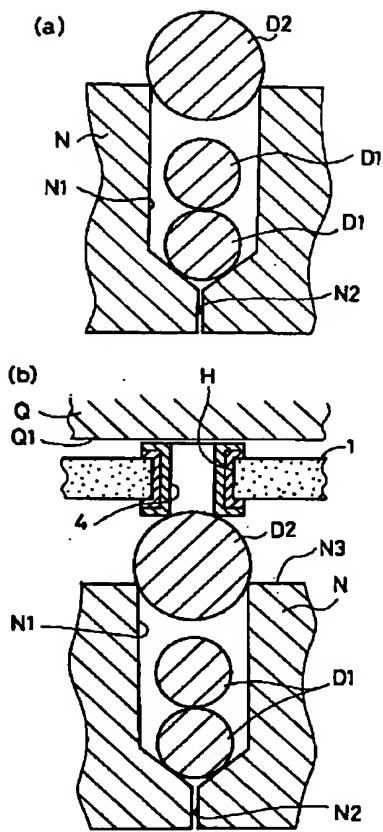
【図5】



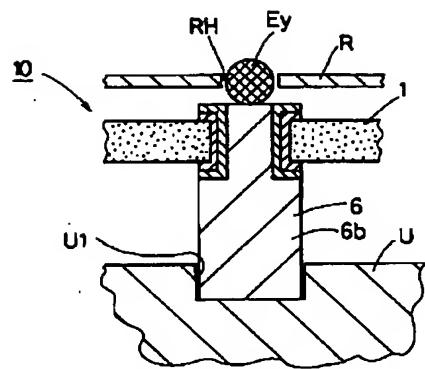
【図7】



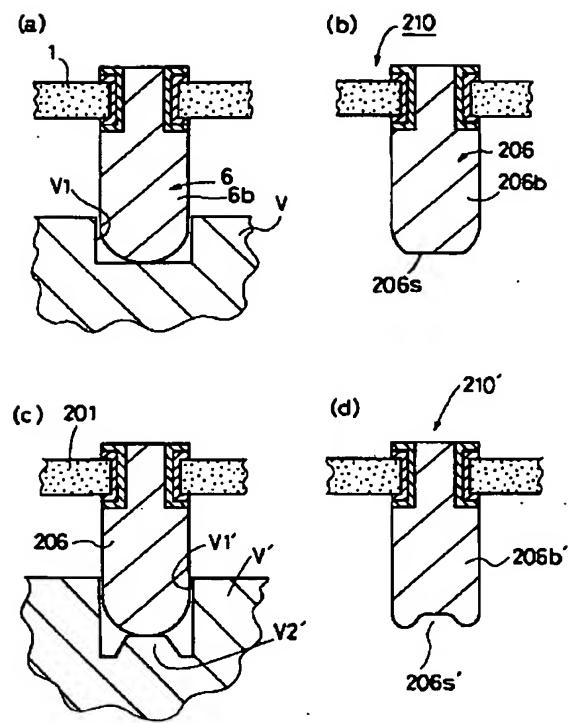
【図6】



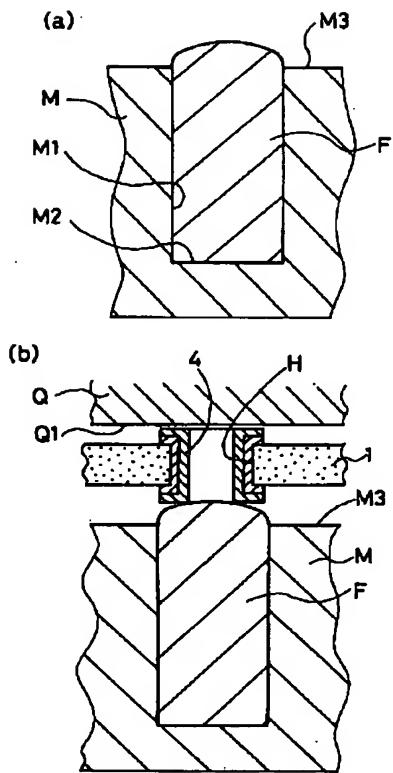
【図9】



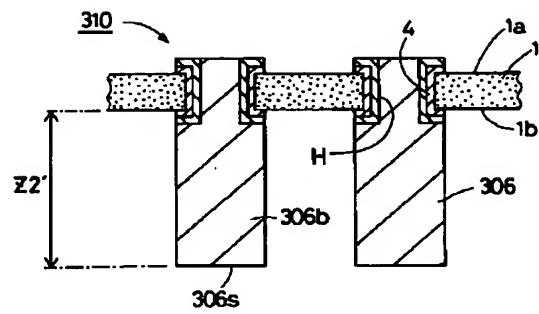
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

